

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

AC

(11)Publication number : 2002-164846

(43)Date of publication of application : 07.06.2002

(51)Int.Cl.

H04B 10/02

H04B 10/18

H04B 10/00

(21)Application number : 2000-361860

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 28.11.2000

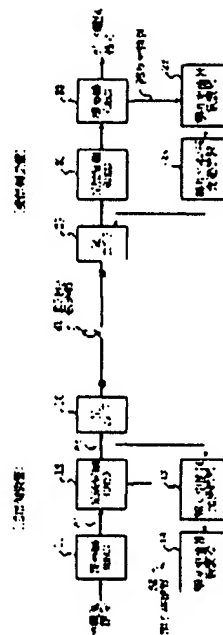
(72)Inventor : SAKAUCHI MASAHIRO

(54) OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To compensate for waveform deterioration caused by wavelength dispersion or SPM.

SOLUTION: A decoder 22 on the reception side decodes data signals by applying code error correction to electric signals being output from an optical receiver 21. Also, the decoder 22 compares the code error rate before the code error correction with the code error rate after the code error correction, to output error rate information generated on an optical fiber transmission line. An optical error rate information transmitter 24 converts an error rate information electric signal AM modulated by an error rate information modulator 23 to an optical signal to be forwarded to the transmission side. An optical transmitter 12 on the transmission side controls the bias voltage and signal amplitude to be fed to an EA modulation part according to error rate information S2 demodulated by an error rate information demodulator 14 so as to reduce the error rate to a minimum, and to optimize the chirp coefficient α in the EA modulation part.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 22.10.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 19.10.2004

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-164846

(P2002-164846A)

(43) 公開日 平成14年6月7日(2002.6.7)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	ターマート* (参考)		
H 0 4 B	10/02	H 0 4 B	9/00	M	5 K 0 0 2
	10/18			B	
	10/00				

審査請求 有 請求項の数 8 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2000-361860(P2000-361860)

(22) 出願日 平成12年11月28日(2000.11.28)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 坂内 正宏

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100082935

弁理士 京本 直樹 (外2名)

Fターム(参考) 5K002 AA01 BA04 BA05 BA13 BA15

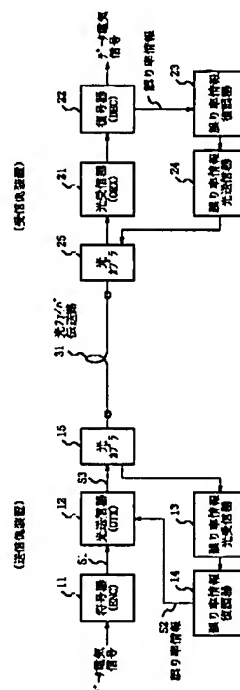
CA01 CA14 DA05 FA01

(54) 【発明の名称】 光伝送システム

(57) 【要約】

【課題】 波長分散やSPMに起因する波形劣化を補償する。

【解決手段】 受信側の復号器22は、光受信器21から出力される電気信号に符号誤り訂正処理を行ってデータ信号を復号すると共に、符号誤り訂正前および訂正後の符号誤り率を比較して光ファイバ伝送路において発生する誤り率情報を出力する。誤り率情報光送信器24は、誤り率情報変調器23によりAM変調された誤り率情報電気信号を光信号に変換して送信側に送出する。送信側の光送信器12は、誤り率情報復調器14により復調された誤り率情報S2に基づき、符号誤りが最小になるようにEA変調部に供給するバイアス電圧および信号振幅を制御し、EA変調部のチャープ係数 α を最適化する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 データ電気信号を誤り訂正符号化してデータ光信号に変換し光ファイバ伝送路へ送出する送信側装置と、前記光ファイバ伝送路を介して前記データ光信号を受信し符号誤り訂正処理を行ってデータ電気信号を復号する受信側装置とからなる光伝送システムにおいて、

前記受信側装置は、符号誤り訂正処理を行って復号しデータ電気信号を出力すると共に誤り訂正前後の符号誤り率を比較して光ファイバ伝送路における符号誤り率を示す情報を生成し、この誤り率情報を前記光ファイバ伝送路を介して前記送信側装置へ伝送する手段を有し、前記送信側装置は、チャープ係数を可変できるEA変調部（電界吸収型光変調部）を有し前記受信側装置から送出された誤り率情報に基づき誤り率が最小となるように前記チャープ係数を制御してデータ光信号を生成する手段を有していることを特徴とする光伝送システム。

【請求項2】 前記受信側装置は、前記送信側装置から送出されてくる前記データ光信号を受信して電気信号に変換する光受信器と、この光受信器から出力される前記電気信号に符号誤り訂正処理を行ってデータ電気信号を復号すると共に前記誤り率情報を出力する復号器と、この復号器から出力される前記誤り率情報で変調された誤り率情報電気信号を生成する誤り率情報変調器と、前記誤り率情報電気信号を誤り率情報光信号に変換する誤り率情報光送信器と、この誤り率情報光送信器が出力する誤り率情報光信号を前記光ファイバ伝送路へ送出すると共に前記送信側装置から送られてくるデータ光信号を分波して前記光受信器へ供給する光カプラとを備え、前記送信側装置は、送信するデータ電気信号を誤り訂正符号化する符号器と、この符号器により符号化されたデータ電気信号を前記受信側装置から送出されてくる誤り率情報に基づきチャープ係数を制御してデータ光信号に変換する光送信器と、前記受信側装置から送出されてくる誤り率情報光信号を受信して誤り率情報電気信号に変換する誤り率情報光受信器と、この誤り率情報電気信号を復調して得られた誤り率情報を前記光送信器へ供給する誤り率情報復調器と、前記光送信器から出力される前記データ光信号を前記光ファイバ伝送路へ送出すると共に前記受信側装置から送られてくる前記誤り率情報光信号を分波して前記誤り率情報光受信器へ供給する光カプラとを備えることを特徴とする請求項1記載の光伝送システム。

【請求項3】 複数チャネルのデータ電気信号をそれぞれ誤り訂正符号化して光信号にそれぞれ変換したのち光合波して多チャネルデータ光信号として光ファイバ伝送路へ送出する送信側装置と、受信した前記多チャネルデータ光信号を複数チャネルのデータ光信号にそれぞれ分波して電気信号に変換したのち符号誤り訂正処理をそれぞれ行って複数のチャネルのデータ電気信号を復号する

受信側装置とからなる光伝送システムにおいて、前記受信側装置は、前記多チャネルデータ光信号を複数チャネルのデータ光信号にそれぞれ分波する光合分波器と、前記複数チャネルのデータ光信号をそれぞれ受信して電気信号に変換する複数の光受信器と、これら複数の光受信器から出力される電気信号をそれぞれ復号し誤り訂正処理を行ってデータ電気信号として出力すると共に誤り訂正前後での符号誤り率を比較して誤り率情報をそれぞれ出力する複数の復号器と、これら複数の復号器からそれぞれ出力される誤り率情報を多重化して多チャネル誤り率情報電気信号を生成する多チャネル誤り率情報変調器と、前記多チャネル誤り率情報電気信号を多チャネル誤り率情報光信号に変換して前記光合分波器を介して送信側装置へ送出する誤り率情報光送信器とを備え、前記送信側装置は、複数チャネルのデータ電気信号をそれぞれ誤り訂正符号化する複数の符号器と、これら複数の符号器により誤り訂正符号化されたデータ電気信号を前記受信側装置から送出されてくる誤り率情報に基づきチャープ係数を制御してデータ光信号にそれぞれ変換する複数の光送信器と、これら複数の光送信器から出力されるデータ光信号を合波して多チャネルデータ光信号として前記光ファイバ伝送路へ送出すると共に前記受信側装置から送られてくる多チャネル誤り率情報光信号を分波する光合分波器と、この光合分波器により分波された前記多チャネル誤り率情報光信号を受信して多チャネル誤り率情報電気信号に変換する誤り率情報光受信器と、この誤り率情報光受信器から出力される多チャネル誤り率情報電気信号からチャネル毎の誤り率情報をそれぞれ復調して前記複数の光送信器へそれぞれ供給する多チャネル誤り率情報復調器とを備えることを特徴とする光伝送システム。

【請求項4】 請求項2または3記載の光伝送システムにおいて、前記送信側装置から前記光ファイバ伝送路へ送出される光信号を所定レベルに光増幅するブースタ光増幅器と、前記光ファイバ伝送路を介して前記受信側装置へ入力する光信号を所定レベルに光増幅する前置光増幅器とを有し、前記ブースタ光増幅器および前記前置光増幅器のそれぞれの入力側と出力側には、前記誤り率情報光信号をバイパスさせる光カプラがそれぞれ設けられることを特徴とする光伝送システム。

【請求項5】 請求項4記載の光伝送システムにおいて、前記ブースタ光増幅器もしくは前記前置光増幅器に分散補償器が付加されていることを特徴とする光伝送システム。

【請求項6】 請求項2または3記載の光伝送システムにおいて、前記光ファイバ伝送路の途中に中継光増幅器が設置される場合、前記中継光増幅器の入力側と出力側に、前記誤り率情報光信号をバイパスさせる光カプラがそれぞれ設けられることを特徴とする光伝送システム。

【請求項7】 上り光ファイバ伝送路および下り光ファ

イバ伝送路を使用して対向する双方で送信装置と受信装置とをそれぞれ備え、送信装置は、チャープ係数を可変できるEA変調部（電界吸収型光変調部）を有し誤り訂正符号化されたデータ電気信号をデータ光信号に変換し対向する受信装置へ送出する手段を有し、受信装置は、対向する送信装置から伝送されてきたデータ光信号を電気信号に変換し符号誤り訂正処理を行ってデータ電気信号を復号する光伝送システムにおいて、

前記光ファイバ伝送路の一方側の受信装置は、対向する他方側の送信装置から伝送されてきたデータ光信号を電気信号に変換し符号誤り訂正処理を行ってデータ電気信号を復号すると共に誤り訂正前後の符号誤り率を比較して光ファイバ伝送路による符号の誤り率を示す誤り率情報を生成する手段を有し、一方側の前記送信装置は、前記一方側の受信装置により生成された前記誤り率情報をデータ電気信号に付加して対向する他方側の受信装置に伝送する手段を有し、

また、前記他方側の受信装置は、対向する前記一方側の送信装置から伝送されてきたデータ光信号を電気信号に変換し符号誤り訂正処理を行ってデータ電気信号および前記誤り率情報を復号する手段を有し、前記他方側の送信装置は、前記他方側の受信装置により復号された誤り率情報に基づき誤り率が最小となるようにチャープ係数を制御してデータ光信号に変換する手段を有していることを特徴とする光伝送システム。

【請求項8】 請求項7記載の光伝送システムにおいて、前記他方側の受信装置は、前記一方側の送信装置から伝送されてきたデータ光信号を電気信号に変換し符号誤り訂正処理を行ってデータ電気信号および前記誤り率情報をそれぞれ復号すると共に、誤り訂正前後の符号誤り率を比較して光ファイバ伝送路による符号の誤り率を示す誤り率情報を生成する手段を有し、前記他方側の送信装置は、前記他方側の受信装置により生成された誤り率情報をデータ電気信号に付加すると共に、前記他方側の受信装置により復号された前記誤り率情報に基づき誤り率が最小となるようにチャープ係数を制御してデータ光信号に変換する手段を有し、

また、前記一方側の受信装置は、対向する前記他方側の送信装置から伝送されてきたデータ光信号を電気信号に変換し符号誤り訂正処理を行ってデータ電気信号および誤り率情報を復号する手段を有し、前記一方側の送信装置は、前記一方側の受信装置により復号された誤り率情報に基づき誤り率が最小となるようにチャープ係数を制御してデータ光信号に変換する手段を有していることを特徴とする光伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は光伝送システムに関し、特に光ファイバ伝送路の波長分散による波形劣化を補償する手段に関する。

【0002】

【従来の技術】 光伝送においては、光ファイバの波長分散特性によって、高速データ信号、例えば10Gb/s:NRZ (No-Return-to-Zero) で変調された光信号が有限のスペクトル幅をもつことにより、長距離伝送後の光信号に波形劣化が生じ、受信感度劣化を引き起こす。

【0003】 特に、光通信における通信容量（ビットレート）の増大、およびエルビウム添加ファイバ増幅部（EDFA: Erbium Doped Fiber Amplifier）の出現による線形中継距離の長距離化に伴い、波長分散が伝送性能を劣化させる主要因となっている。

【0004】 次に波長分散による波形劣化について説明する。

【0005】 図8は光ファイバの波長分散特性の一例を示す図であり、図8(a)は光の波長 λ に対する伝搬遅延時間 τ_g を示し、図8(b)は光の波長 λ に対する波長分散 D を示している。なお、波長分散 D は、 $D = d\tau_g / d\lambda$ である。

【0006】 ところで、EA変調（EA: Electro Absorption、電界吸収型光変調）によりレーザ光を強度変調して光パルスを生成する際に、パルスの立上り部分および立下り部分で光周波数が変動する。この光周波数変動を示すパラメータとしてチャープ係数 α が定義されている。

【0007】 図9には、光パルスの立上り及び立下り部分で発生する光周波数変動とチャープ係数 α との関係を示している。同図(a)は光パルスを示している。

【0008】 図9(b)に示すように、チャープ係数 $\alpha > 0$ の場合、光パルスの立上り部分では正方向に光周波数が変動し、立下り部分では負方向に光周波数が変動する。また、図9(c)に示すように、チャープ係数 $\alpha < 0$ の場合、周波数変動の方向が逆になる。すなわち、光パルスの立上り部分では負方向に光周波数が変動し、立下り部分では正方向に光周波数が変動する。

【0009】 このため、チャープ係数 $\alpha > 0$ で変調された光パルスが、図8に示した波長分散特性の分散 $D > 0$ 領域を伝搬した場合、光パルスの立上り部分は短波長成分をもち、光パルスの立下り部分は長波長成分をもち、短波長成分は長波長成分よりも速く伝搬するため、パルス幅を広げながら伝搬することになり、パルス波形は劣化する。

【0010】 一方、チャープ係数 $\alpha > 0$ で変調された光パルスが光ファイバの分散 $D < 0$ 領域を伝搬した場合、光パルスの立上り部分は短波長成分をもち、光パルスの立下り部分は長波長成分をもち、短波長成分は長波長成分よりも遅く伝搬するため、パルス幅を縮めながら伝搬パルスすることになり、パルス波形は劣化する。同様にチャープ係数 $\alpha < 0$ の場合もパルス波形は劣化する。

【0011】このようにパルス波形を劣化させる光ファイバの波長分散を補償するために、分散補償ファイバ（DCF: Dispersion Compensation Fiber）や、チャープファイバグレーティング（CFG: Chirped Fiber Grating）等の分散補償器を使用している。

【0012】分散補償ファイバ（DCF）は、光ファイバ伝送路で生じる波長分散をキャンセルするように作用する光ファイバであり、また、チャープファイバグレーティング（CFG）は、光ファイバの側面に長手方向にグレーティングを形成したものである。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】上述したように従来は、分散補償ファイバ（DCF）やチャープファイバグレーティング（CFG）等の光受動部品を使用して分散補償を行い、光信号波形の劣化を防止している。

【0014】しかし、分散補償ファイバ（DCF）は、フィールド直径（MFD: Mode Field Diameter）が4～5 μ m程度と小さく、コア内の光パワー密度が伝送ファイバに比べて大きくなるため、非線形光学効果による伝送性能劣化が生じやすい。また、曲げ損失と分散補償特性はトレードオフの関係にあるために、小さく曲げることができないので、小型化が困難であるという欠点がある。

【0015】また、チャープファイバグレーティング（CFG）は、温度依存性が高いので、温度調節機能が必要であり、また、群遅延特性にリップルが生じる等の欠点を有している。

【0016】更に、分散補償ファイバ（DCF）およびチャープファイバグレーティング（CFG）は共に光受動部品であるため、必然的に光信号に対して過剰な損失を与えて伝送性能を劣化させるばかりでなく、両者とも分散補償量が固定であるために残留分散のチャネル間偏差が生じる。また、光変調器として、印加電圧に応じて入力光を吸収する電界吸収型光変調器（以下、EA変調部と称する。EA: Electro Absorption）を使用した場合、EA変調部のチャープ係数 α のばらつきにより設計通りの分散補償を実現できない。

【0017】また更に、光パルスの波形劣化の他の要因として、自己位相変調（SPM: Self Phase Modulation）の影響がある。これは非線形光学効果の一つであり、光パルスの光強度がSPMを引き起こす閾値以上になると、光パルスの立上り部分および立下り部分に周波数チャーピング（ゆらぎ）が生じる現象である。このSPM効果によって光パルスの立上り部分および立下り部分に周波数変動が生じ、群速度分散効果（GVD: Group Velocity Dispersion）によって光パルスの波形劣化が生じる。

【0018】通常、波長分散による影響とSPMによる影響とが相互に作用して波形が変化し、受信感度を劣化

させるので、設計通りの分散補償は困難であるという問題を有している。

【0019】本発明の目的は、光受動部品である分散補償器を使用しなくても、波長分散やSPMに起因する波形劣化を補償でき、受信感度を改善できる光伝送システムを提供することにある。

【0020】

【課題を解決するための手段】本発明の光伝送システムは、データ電気信号を誤り訂正符号化してデータ光信号に変換し光ファイバ伝送路へ送出する送信側装置と、前記光ファイバ伝送路を介して前記データ光信号を受信し符号誤り訂正処理を行ってデータ電気信号を復号する受信側装置とからなる光伝送システムにおいて、前記受信側装置は、符号誤り訂正処理を行って復号しデータ電気信号を出力すると共に誤り訂正前後の符号誤り率を比較して光ファイバ伝送路における符号誤り率を示す情報を生成し、この誤り率情報を前記光ファイバ伝送路を介して前記送信側装置へ伝送する手段を有し、前記送信側装置は、チャープ係数を可変できるEA変調部（電界吸収型光変調部）を有し前記受信側装置から送出された誤り率情報に基づき誤り率が最小となるように前記チャープ係数を制御してデータ光信号を生成する手段を有している。

【0021】具体的には、前記受信側装置は、前記送信側装置から送出されてくる前記データ光信号を受信して電気信号に変換する光受信器と、この光受信器から出力される前記電気信号に符号誤り訂正処理を行ってデータ電気信号を復号すると共に前記誤り率情報を出力する復号器と、この復号器から出力される前記誤り率情報で変調された誤り率情報電気信号を生成する誤り率情報変調器と、前記誤り率情報電気信号を誤り率情報光信号に変換する誤り率情報光送信器と、この誤り率情報光送信器が出力する誤り率情報光信号を前記光ファイバ伝送路へ送出すると共に前記送信側装置から送られてくるデータ光信号を分波して前記光受信器へ供給する光カプラとを備え、前記送信側装置は、送信するデータ電気信号を誤り訂正符号化する符号器と、この符号器により符号化されたデータ電気信号を前記受信側装置から送出されてくる誤り率情報に基づきチャープ係数を制御してデータ光信号に変換する光送信器と、前記受信側装置から送出されてくる誤り率情報光信号を受信して誤り率情報電気信号に変換する誤り率情報光受信器と、この誤り率情報電気信号を復調して得られた誤り率情報を前記光送信器へ供給する誤り率情報復調器と、前記光送信器から出力される前記データ光信号を前記光ファイバ伝送路へ送出すると共に前記受信側装置から送られてくる前記誤り率情報光信号を分波して前記誤り率情報光受信器へ供給する光カプラとを備える。

【0022】また、本発明の光伝送システムは、複数チャネルのデータ電気信号をそれぞれ誤り訂正符号化して

光信号にそれぞれ変換したのち光合波して多チャネルデータ光信号として光ファイバ伝送路へ送出する送信側装置と、受信した前記多チャネルデータ光信号を複数チャネルのデータ光信号にそれぞれ分波して電気信号に変換したのち符号誤り訂正処理をそれぞれ行って複数のチャネルのデータ電気信号を復号する受信側装置とからなる光伝送システムにおいて、前記受信側装置は、前記多チャネルデータ光信号を複数チャネルのデータ光信号にそれぞれ分波する光合分波器と、前記複数チャネルのデータ光信号をそれぞれ受信して電気信号に変換する複数の光受信器と、これら複数の光受信器から出力される電気信号をそれぞれ復号し誤り訂正処理を行ってデータ電気信号として出力すると共に誤り訂正前後での符号誤り率を比較して誤り率情報をそれぞれ出力する複数の復号器と、これら複数の復号器からそれぞれ出力される誤り率情報を多重化して多チャネル誤り率情報電気信号を生成する多チャネル誤り率情報変調器と、前記多チャネル誤り率情報電気信号を多チャネル誤り率情報光信号に変換して前記光合分波器を介して送信側装置へ送出する誤り率情報光送信器とを備え、前記送信側装置は、複数チャネルのデータ電気信号をそれぞれ誤り訂正符号化する複数の符号器と、これら複数の符号器により誤り訂正符号化されたデータ電気信号を前記受信側装置から送出されてくる誤り率情報に基づきチャープ係数を制御してデータ光信号にそれぞれ変換する複数の光送信器と、これら複数の光送信器から出力されるデータ光信号を合波して多チャネルデータ光信号として前記光ファイバ伝送路へ送出すると共に前記受信側装置から送られてくる多チャネル誤り率情報光信号を分波する光合分波器と、この光合分波器により分波された前記多チャネル誤り率情報光信号を受信して多チャネル誤り率情報電気信号に変換する誤り率情報光受信器と、この誤り率情報光受信器から出力される多チャネル誤り率情報電気信号からチャネル毎の誤り率情報をそれぞれ復調して前記複数の光送信器へそれぞれ供給する多チャネル誤り率情報復調器とを備える。

【0023】上記構成において、前記送信側装置から前記光ファイバ伝送路へ送出される光信号を所定レベルに光増幅するブースタ光増幅器と、前記光ファイバ伝送路を介して前記受信側装置へ入力する光信号を所定レベルに光増幅する前置光増幅器とを有し、前記ブースタ光増幅器および前記前置光増幅器のそれぞれの入力側と出力側には、前記誤り率情報光信号をバイパスさせる光カプラがそれぞれ設けられる。また、前記ブースタ光増幅器もしくは前記前置光増幅器に分散補償器が付加されていてもよい。更に、前記光ファイバ伝送路の途中に中継光増幅器が設置される場合、前記中継光増幅器の入力側と出力側には、前記誤り率情報光信号をバイパスさせる光カプラをそれぞれ設ける。

【0024】本発明の光伝送システムは、上り光ファイ

バ伝送路および下り光ファイバ伝送路を使用して対向する双方で送信装置と受信装置とをそれぞれ備え、送信装置は、チャープ係数を可変できるEA変調部（電界吸収型光変調部）を有し誤り訂正符号化されたデータ電気信号をデータ光信号に変換し対向する受信装置へ送出する手段を有し、受信装置は、対向する送信装置から伝送されてきたデータ光信号を電気信号に変換し符号誤り訂正処理を行ってデータ電気信号を復号する光伝送システムにおいて、前記光ファイバ伝送路の一方側の受信装置は、対向する他方側の送信装置から伝送されてきたデータ光信号を電気信号に変換し符号誤り訂正処理を行ってデータ電気信号を復号すると共に誤り訂正前後の符号誤り率を比較して光ファイバ伝送路による符号の誤り率を示す誤り率情報を生成する手段を有し、一方側の前記送信装置は、前記一方側の受信装置により生成された前記誤り率情報をデータ電気信号に付加して対向する他方側の受信装置に伝送する手段を有し、また、前記他方側の受信装置は、対向する前記一方側の送信装置から伝送されてきたデータ光信号を電気信号に変換し符号誤り訂正処理を行ってデータ電気信号および前記誤り率情報を復号する手段を有し、前記他方側の送信装置は、前記他方側の受信装置により復号された誤り率情報に基づき誤り率が最小となるようにチャープ係数を制御してデータ光信号に変換する手段を有している。

【0025】更に、前記他方側の受信装置は、前記一方側の送信装置から伝送されてきたデータ光信号を電気信号に変換し符号誤り訂正処理を行ってデータ電気信号および前記誤り率情報をそれぞれ復号すると共に、誤り訂正前後の符号誤り率を比較して光ファイバ伝送路による符号の誤り率を示す誤り率情報を生成する手段を有し、前記他方側の送信装置は、前記他方側の受信装置により生成された誤り率情報をデータ電気信号に付加すると共に、前記他方側の受信装置により復号された前記誤り率情報に基づき誤り率が最小となるようにチャープ係数を制御してデータ光信号に変換する手段を有し、また、前記一方側の受信装置は、対向する前記他方側の送信装置から伝送されてきたデータ光信号を電気信号に変換し符号誤り訂正処理を行ってデータ電気信号および誤り率情報を復号する手段を有し、前記一方側の送信装置は、前記一方側の受信装置により復号された誤り率情報に基づき誤り率が最小となるようにチャープ係数を制御してデータ光信号に変換する手段を有してもよい。

【0026】

【発明の実施の形態】次に本発明について図面を参照して説明する。

【0027】図1は本発明の第1の実施形態を示すブロック図であり、データ電気信号をデータ光信号に変換して光ファイバ伝送路31へ送出する送信側装置、および、光ファイバ伝送路31を介してデータ光信号を受信してデータ電気信号を復号する受信側装置を示してい

る。

【0028】図1において、送信側装置には、データ電気信号を符号化する符号器(ENC)11と、符号化されたデータ電気信号をデータ光信号に変換する光送信器(OTX)12と、受信側装置から送出されてくる誤り率情報光信号を受信して電気信号に変換する誤り率情報光受信器13と、誤り率情報電気信号を復調する誤り率情報復調器14と、光送信器(OTX)12が出力するデータ光信号を光ファイバ伝送路31へ送出すると共に受信側装置から光ファイバ伝送路31を介して送られてくる誤り率情報光信号を分波する光カプラ15とを備えている。

【0029】一方、受信側装置には、送信側装置から送出されてくるデータ光信号を受信して電気信号に変換する光受信器(ORX)21と、電気信号を復号し誤り訂正処理を行ってデータ電気信号として出力すると共に誤り訂正前後での符号誤り率を比較して誤り率情報を出力する復号器(DEC)22と、復号器(DEC)22から出力される誤り率情報で変調された誤り率情報電気信号を生成する誤り率情報変調器23と、誤り率情報電気信号を誤り率情報光信号に変換する誤り率情報光送信器24と、誤り率情報光送信器24が出力する誤り率情報光信号を光ファイバ伝送路31へ送出すると共に送信側装置から光ファイバ伝送路31を介して送られてくるデータ光信号を分波する光カプラ25とを備えている。

【0030】なお、送信側装置の光送信器12が出力するデータ光信号の波長と、受信側装置の誤り率情報光送信器24が出力する誤り率情報光信号の波長とは異なるようにする。

【0031】送信側装置の符号器11は、例えば、FEC(Forward Error Correction)による誤り訂正符号化機能を有し、伝送されるべき9.95Gb/s NRZのデータ電気信号を、冗長符号化された10.66Gb/s NRZのデータ電気信号S1として出力する。

【0032】光送信器12は、冗長符号化されたデータ電気信号S1および誤り率情報S2に基づき、波長1.55μmのレーザ光をEA変調(Electro Absorption変調、電界吸収型光変調)により強度変調し、データ光信号S3として出力する。

【0033】光カプラ15、25は、波長多重(WDM)光信号から所望の波長を分離する機能を有し、互いに波長の異なるデータ光信号および誤り率情報光信号を分波する。

【0034】誤り率情報光受信器13は、光カプラ15により分波された受信側装置からの誤り率情報光信号を受信して誤り率情報電気信号に変換する。誤り率情報復調器14は、誤り率情報電気信号を復調して誤り率情報S2を光送信器12へ供給する。

【0035】受信側装置の光受信器21は、送信側装置

から伝送されてくる10.66Gb/s NRZ光データ信号をデータ電気信号に変換するO/E機能を有している。

【0036】復号器22は、光受信器21から出力されるFEC冗長符号化された10.66Gb/sデータ電気信号を、送信側装置の符号器11でFEC符号化される以前の9.95Gb/s NRZデータ電気信号に復号して符号誤り訂正処理を行うと共に、符号誤り訂正前および訂正後の符号誤り率を比較することにより、光ファイバ伝送路において発生する符号誤り率を示す誤り率情報を出力する。

【0037】誤り率情報変調器23は、復号器22から出力される誤り率情報を、光伝送に適したAM変調された電気信号に変換する。誤り率情報光送信器24は、誤り率情報変調器23から出力される電気信号を誤り率情報光信号に変換する。この場合、誤り率情報光信号の波長は光送信器12から送出されるデータ光信号とは異なる波長とする。

【0038】図2は光送信器(OTX)12の一例を示すブロック図である。

【0039】光送信器12は、EA変調部121、半導体レーザ122およびフォトダイオード123が集積化されたEA変調モジュール124と、EA変調モジュール124内のEA変調部121にデータ電気信号とバイアス電圧とを重畳して供給するEA変調駆動増幅部125と、フォトダイオード123により検出された半導体レーザ122の光レベルに応じて半導体レーザ122の光出力を一定になるように制御するAPC(Auto Power Control)回路126と、半導体レーザ122の温度を一定に制御して波長を安定化するATC(Auto Temperature Control)回路127と、誤り率情報S2に基づきEA変調部121に供給するデータ電気信号レベルおよび直流バイアス電圧を制御するレベル制御信号およびバイアス制御信号をそれぞれ生成するEA変調制御信号生成部128とを有している。

【0040】EA変調モジュール124に集積されたフォトダイオード123は、半導体レーザ122の光レベルを監視するために設けられ、検出した光レベルをAPC回路126へ供給する。半導体レーザ122は、APC回路126およびATC回路127により制御されて、出力レベルおよび波長がそれぞれ安定化されたCWレーザ光を発生する。

【0041】EA変調モジュール124に集積されたEA変調部121は、半導体レーザ122から出力されるCWレーザ光を受け、EA変調駆動増幅部125から供給される10.66Gb/s NRZデータ電気信号に応じてレーザ光を強度変調する。

【0042】EA変調駆動増幅部125は、データ電気信号をEA変調に必要なレベルまで増幅すると共に、E

A変調に必要な直流バイアスをデータ電気信号に重畳してEA変調部121へ供給する。なお、データ電気信号および直流バイアスは、EA変調制御信号生成部128からの制御信号に応じてそれぞれ制御される。

【0043】ところで、EA変調部121のチャープ係数 α は、図7に示すように、バイアス電圧に応じてが変化する。同図によれば、バイアス電圧を0Vから負方向に下げていくことにより、チャープ係数 α は正から負へと変化する。

【0044】EA変調制御信号生成部128は、誤り率情報S2に基づき、伝送路において発生するデータ光信号の符号誤り率が最小になるように、EA変調部121に供給するデータ電気信号レベルおよび直流バイアス電圧をそれぞれ制御し、チャープ係数 α を最適値にするようにレベル制御信号およびバイアス制御信号を生成する。

【0045】なお、EA変調部はその特性上、印加電圧が+0.3V以上および-4V以下になると破損する恐れがあるので、この印加電圧範囲内で直流バイアスおよび駆動電気信号を制御する必要がある。更に、EA変調部には、印加電圧によって消光比（発光時と非発光時の出力パワーの比）が変化する消光特性があるので、消光比が変化しない範囲内で直流バイアスおよび駆動電気信号をそれぞれ制御する必要がある。

【0046】このように、誤り率情報に基づき符号誤りが最小になるようにEA変調部に供給するバイアス電圧および信号振幅を制御し、EA変調部のチャープ係数 α を最適化することにより、波長分散による波形劣化を改善することが可能である。

【0047】本発明は、受信側装置で受信した光信号の符号誤り率情報を送信側装置に伝送し、送信側装置では受信側装置からの符号誤り率情報に基づきEA変調部のチャープ係数 α を制御して波形劣化を改善するように構成する。

【0048】次に動作を説明する。

【0049】送信側装置において、9.95Gb/s NRZデータ電気信号は、符号器11によりFEC冗長符号化されて10.66Gb/s NRZのデータ電気信号とされた後、光送信器にてデータ光信号に変換され、光カプラ15および伝送路ファイバ31を介して受信側装置へ送出される。なお、伝送路ファイバ31としては、例えば、80kmの単一モードファイバ（SMF: Single Mode Fiber）が用いられる。

【0050】受信側装置において、光ファイバ伝送路31および光カプラ25を介して受信されたデータ光信号は、光受信器21に入力して10.66Gb/s NRZデータ電気信号に変換された後、復号器22により符号誤り訂正処理されて9.95Gb/s NRZデータ電気信号に復号される。

【0051】また、復号器22から出力される誤り率情

報は、誤り率情報変調器23により光伝送に適した信号形態、例えばAM変調信号に変換された後、誤り率情報光送信器24によりデータ光信号とは異なる波長の誤り率情報光信号に変換される。そして、光カプラ25および光ファイバ伝送路31を介して送信側装置に送出される。

【0052】送信側装置に送出された誤り率情報光信号は、光カプラ15により分波されて誤り率情報光受信器13に入力して誤り率情報電気信号に変換され、誤り率情報復調器14により復調され誤り率情報S2として光送信器12へ送出される。

【0053】光送信器12は、誤り率情報に基づき符号誤りが最小になるようにEA変調部に供給するバイアス電圧および信号振幅を制御し、EA変調部のチャープ係数 α を最適化する。

【0054】このようにEA変調部のチャープ係数 α を最適化することにより、分散補償ファイバ（DCF）やチャープトファイバグレーティング（CFG）等の分散補償器を用いることなく、波長分散およびSPMによる波形劣化を補償できる。

【0055】図3は本発明の第2の実施形態を示すブロック図であり、光ファイバ伝送路の途中に中継増幅器（インラインアンプ）4が設置される場合を示している。

【0056】中継増幅器4は、光信号を光増幅する機能を有し、伝送距離を増大させるために設置される。ここでは、中継増幅器を1つとしているが、設置数に制限はない。

【0057】図3において、中継増幅器4の出力側および入力側に光カプラ51および52をそれぞれ設けている。受信側装置から光ファイバ伝送路34へ送出された誤り率情報光信号は、中継増幅器4の出力側に設けられた光カプラ51により分波され、中継増幅器4の入力側に設けられた光カプラ41により再び光ファイバ伝送路33に戻され、送信側装置へ送出される。

【0058】すなわち、光ファイバ伝送路に中継増幅器が設置された場合でも、誤り率情報は中継増幅器4をバイパスして受信側装置から送信側装置へ伝送できる。

【0059】なお、誤り率情報光信号は、低い周波数成分の信号で変調されているので、データ信号に比して長距離伝送が可能であり、誤り率情報光信号に対する中継増幅器がなくても伝送可能である。勿論、必要に応じて中継増幅器を設置してもよい。

【0060】また、データ光信号とは別に管理情報を通信する回線が設けられている場合には、この回線を使用して誤り率情報を伝送するようにしてもよい。この場合は、誤り率情報光送信器、誤り率情報光受信器および光カプラを設ける必要はない。

【0061】図4は本発明の第3の実施形態を示すブロック図であり、波長多重（WDM）光伝送システムに適

用した場合を示している。

【0062】図4において、送信側装置には、複数のチャネルch1～chnのデータ電気信号をそれぞれ符号化する符号器(ENC)11-1～11-nと、符号化されたデータ電気信号をデータ光信号にそれぞれ変換する光送信器(OTX)12-1～12-nと、受信側装置から送出されてくる誤り率情報光信号を受信して誤り率情報電気信号に変換する誤り率情報光受信器13と、各チャネルの誤り率情報が多重化された誤り率情報電気信号を復調する多チャネル誤り率情報復調器16と、各光送信器(OTX)12-1～12-nがそれぞれ出力するデータ光信号を合波すると共に受信側装置から送られてくる誤り率情報光信号を分波する光合分波器17と、光合分波器17により合波されて減衰した多チャネルデータ光信号を所定レベルに光増幅するブースタ光増幅器61と、受信側装置から光ファイバ伝送路32を介して送られてくる誤り率情報光信号がブースタ光増幅器61をバイパスするように設けられる光カプラ55、56とを備えている。

【0063】ここで、符号器(ENC)11-1～11-n、光送信器(OTX)12-1～12-n及び誤り率情報光受信器13は、図1に示した符号器(ENC)11、光送信器(OTX)12及び誤り率情報光受信器13と同じ構成のものである。

【0064】一方、受信側装置には、送信側装置から送出されてくる多チャネルデータ光信号を受信して電気信号にそれぞれ変換する光受信器(ORX)21-1～21-nと、電気信号をそれぞれ復号し誤り訂正処理を行ってデータ電気信号として出力すると共に誤り訂正前後での符号誤り率を比較して誤り率情報をそれぞれ出力する復号器(DEC)22-1～22-nと、復号器(DEC)22-1～22-nからそれぞれ出力される誤り率情報を多重化した誤り率情報電気信号を生成する多チャネル誤り率情報変調器26と、誤り率情報電気信号を誤り率情報光信号に変換する誤り率情報光送信器24と、送信側装置から送られてくるデータ光信号を各チャネル毎に分波すると共に誤り率情報光送信器24が出力する誤り率情報光信号を送信側装置へ送出する光合分波器27と、送信側装置から光ファイバ伝送路32を介して送られてくる多チャネルデータ光信号を所定レベルに増幅する前置光増幅器62と、誤り率情報光信号が前置光増幅器62をバイパスするように設けられる光カプラ53、54とを備えている。

【0065】ここで、光受信器(ORX)21-1～21-n、復号器(DEC)22-1～22-n及び誤り率情報光送信器24は、図1に示した光受信器(ORX)21、復号器(DEC)22及び誤り率情報光送信器24と同じ構成のものである。

【0066】ところで、受信側装置の各復号器22-1～22-nからの誤り率情報信号は、それぞれ多チャネ

ル誤り率情報変調器26に入力して多重化され、多チャネルの誤り率情報信号に変換された後、誤り率情報光送信器24により誤り率情報光信号に変換される。この誤り率情報光信号の光波長は、送信側装置の各光送信器が出力するデータ光信号の波長とは異なるものとする。

【0067】送信側装置に送出された誤り率情報光信号は、誤り率情報光受信器13により電気信号に変換された後、多チャネル誤り率情報復調器16において各チャネル毎の誤り率情報にそれぞれ復調され、各チャネルの光送信器(OTX)11-1～11-nにそれぞれ供給される。

【0068】各チャネルの光送信器(OTX)11-1～11-nは、チャネル毎の誤り率情報に基づきEA変調部のチャープ係数 α をそれぞれ制御し、伝送路において発生する各データ光信号の符号誤り率が最小になるようにデータ光信号を生成する。

【0069】このように構成することにより、各チャネル毎にEA変調部のチャープ係数 α を最適値に制御できるので、従来のように分散補償器を使用して一括補償する場合に生じるチャネル間のばらつきもなく補償することができる。

【0070】図5は本発明の第4の実施形態を示すブロック図であり、分散補償器を併用した場合を示している。

【0071】図5において、図4に示した実施形態との相違点は、受信側装置の前置光増幅器62に分散補償器7が設けられている点である。このように、光伝送路系に分散補償器を設けて多チャネルデータ光信号に対して一括して分散補償を行っても、各チャネル毎に誤り率情報に基づきEA変調部のチャープ係数 α を最適値に制御できるので、チャネル間のばらつきなく補償することができる。

【0072】図6は本発明の第5の実施形態を示すブロック図であり、波長多重(WDM)光伝送システムにおいて、下り光ファイバ伝送路32および上り光ファイバ伝送路35を使用して対向する双方で送信装置と受信装置とをそれぞれ備えて送受信を行う光伝送システムを示している。

【0073】図6において、下り伝送系送信装置は、複数のチャネルch1～chnのデータ電気信号をそれぞれ符号化する符号器(ENC)11-1～11-nと、符号化されたデータ電気信号をデータ光信号にそれぞれ変換する光送信器(OTX)12-1～12-nと、各光送信器(OTX)12-1～12-nからそれぞれ出力されるデータ光信号を合波する光合分波器17と、光合分波器17の出力を所定レベルに光増幅して光ファイバ伝送路32へ送出するブースタ光増幅器61とを備えている。

【0074】また、下り伝送系受信装置は、対向する下り伝送系送信装置から光ファイバ伝送路32を介して送

られてくる多チャネルデータ光信号を所定レベルに増幅する前置光増幅器62と、前置光増幅器62の出力を各チャネル毎に分波する光合分波器27と、各チャネル毎に分波されたデータ光信号を受信して電気信号に変換する光受信器(ORX)21-1~21-nと、電気信号をそれぞれ復号し誤り訂正処理を行ってデータ電気信号として出力すると共に誤り訂正前後での符号誤り率を比較して誤り率情報をそれぞれ出力する復号器(DEC)22-1~22-nとを備えている。

【0075】一方、上り伝送系送信装置は、複数のチャネルch1~chnのデータ電気信号に復号器(DEC)22-1~22-nから出力される誤り率情報をそれぞれ付加して符号化する符号器(ENC)81-1~81-nと、誤り率情報を含む符号化されたデータ電気信号をデータ光信号にそれぞれ変換する光送信器(OTX)82-1~82-nと、各光送信器(OTX)82-1~82-nからそれぞれ出力されるデータ光信号を合波する光合分波器83と、光合分波器83の出力を所定レベルに光増幅して光ファイバ伝送路35へ送出するブースタ光増幅器63とを備えている。

【0076】また、上り伝送系受信装置は、対向する上り伝送系送信装置から光ファイバ伝送路35を介して送られてくる多チャネルデータ光信号を所定レベルに増幅する前置光増幅器64と、前置光増幅器64の出力を各チャネル毎に分波する光合分波器93と、各チャネル毎に分波されたデータ光信号を受信して電気信号に変換する光受信器(ORX)91-1~91-nと、誤り率情報成分を含み符号化されたデータ電気信号を復号し訂正処理を行ってデータ電気信号および誤り率情報成分とをそれぞれ出力する復号器(DEC)92-1~92-nと、各復号器(DEC)92-1~92-nからそれぞれ出力される各チャネルの誤り率情報成分を復調し、下り伝送系送信装置の光送信器(OTX)12-1~12-nへそれぞれ出力する多チャネル誤り率情報復調器94とを備えている。

【0077】ここで、上り伝送系送信装置の符号器(ENC)81-1~81-nは、各チャネルch1~chnの9.95Gb/s NRZのデータ電気信号および下り伝送系受信装置の復号器(DEC)22-1~22-nからそれぞれ出力される誤り率情報を受け、FEC(Forward Error Correction)による誤り訂正符号化を行い、冗長符号化されたデータ電気信号のFECフレームのOH(Overhead)部分もしくはSDH/SONETフレームのOH部分に、誤り率情報を付加し、10.66Gb/s NRZの誤り率情報を含むデータ電気信号として出力する。

【0078】上り伝送系受信装置の復号器(DEC)92-1~92-nは、誤り率情報を含むデータ電気信号を光受信器(ORX)91-1~91-nからそれぞれ受け、FECフレームのOH(Overhead)部分

もしくはSDH/SONETフレームのOH部分に付加されている誤り率情報を抽出すると共に、冗長符号化されたデータ電気信号を復号して符号誤り訂正処理を行い、復号したチャネルch1~chnのデータ電気信号としてそれぞれ出力する。

【0079】多チャネル誤り率情報復調器94は、復号器(DEC)92-1~92-nによりそれぞれ抽出された誤り率情報を受け、これら誤り率情報の誤り訂正処理を行い、チャネル毎の誤り率情報を復調して光送信器(OTX)12-1~12-nへそれぞれ出力する。

【0080】光送信器(OTX)12-1~12-nは、チャネル毎に復調された誤り率情報に基づき、受信側での符号誤りが最小になるようにEA変調部のチャープ係数 α を最適値に制御して光信号を生成する。

【0081】なお、本実施形態では、誤り率情報光信号を受信側から送信側へ伝送するに際し、伝送系に前置光増幅器やブースタ光増幅器あるいは中継増幅器等が設置されても、これら光増幅器に光カプラを設ける必要はない。

【0082】また、図6に示した構成では、下り伝送系の光ファイバ伝送路32に対して補償する場合について述べたが、上り伝送系の光ファイバ伝送路35に対しても、同様に補償できることは明らかである。

【0083】すなわち、上り伝送系受信装置の復号器(DEC)92-1~92-nに、誤り訂正前後での符号誤り率を比較して誤り率情報をそれぞれ出力する機能を設け、下り伝送系送信装置の符号器(ENC)11-1~11-nには、複数のチャネルch1~chnのデータ電気信号に復号器(DEC)92-1~92-nから出力される誤り率情報をそれぞれ付加して符号化する機能を設け、一方、下り伝送系受信装置の復号器(DEC)22-1~22-nには、データ電気信号に付加されている誤り率情報を抽出する機能を設けると共に、抽出された誤り率情報を復調して上り伝送系送信装置の光送信器(OTX)82-1~82-nへそれぞれ出力する多チャネル誤り率情報復調器を設け、光送信器(OTX)82-1~82-nが、誤り率情報に基づき受信側での符号誤りが最小になるようにEA変調部のチャープ係数 α を制御するように構成する。

【0084】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、送信側から光ファイバ伝送路を介して受信側に伝送された光信号の符号誤り率情報を、受信側から送信側に光ファイバ伝送路を介して伝送し、送信側では受信側からの誤り率情報に基づきEA変調部のチャープ係数 α を制御して波形劣化を改善するように構成することにより、光受動部品である分散補償器を使用しなくても、波長分散やSPMに起因する波形劣化を補償でき、受信感度を改善できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態を示す図である。

【図2】図1に示した光送信器(OTX)の一例を示すブロック図である。

【図3】本発明の第2の実施形態を示すブロック図である。

【図4】本発明の第3の実施形態を示すブロック図である。

【図5】本発明の第4の実施形態を示すブロック図である。

【図6】本発明の第5の実施形態を示すブロック図である。

【図7】EA変調器におけるバイアス電圧とチャープ係数 α との関係を示す図である。

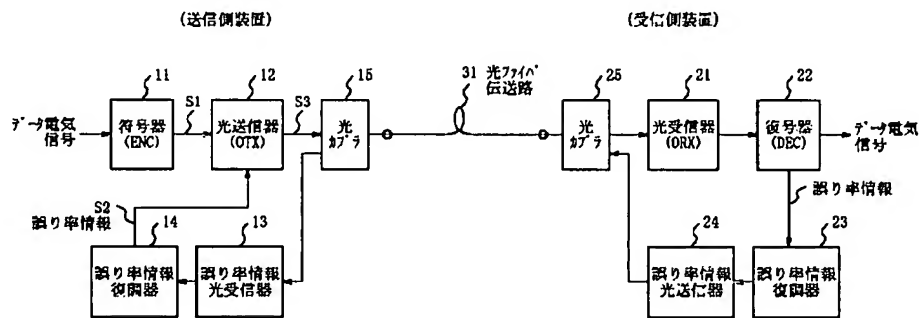
【図8】光ファイバの波長分散特性の一例を示す図である。

【図9】光パルスの立上り及び立下り部分で発生する光周波数変動とチャープ係数 α との関係を示す図である。

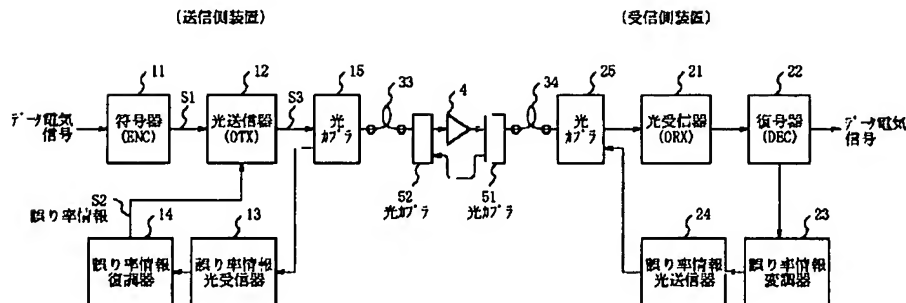
【符号の説明】

- 11, 81 符号器(ENC)
- 12, 82 光送信器(OTX)
- 121 EA変調部
- 13 誤り率情報光受信器
- 14 誤り率情報復調器
- 15, 25, 53, 54, 55, 56 光カプラ
- 16, 94 多チャネル誤り率情報復調器
- 17, 27 光合分波器
- 21, 91 光受信器(ORX)
- 22, 92 復号器(DEC)
- 23 誤り率情報変調器
- 24 誤り率情報光送信器
- 26 多チャネル誤り率情報変調器
- 31, 32, 35 光ファイバ伝送路
- 56 ブースタ光増幅器
- 61, 63 ブースタ光増幅器
- 62, 64 前置光増幅器
- 7 分散補償器

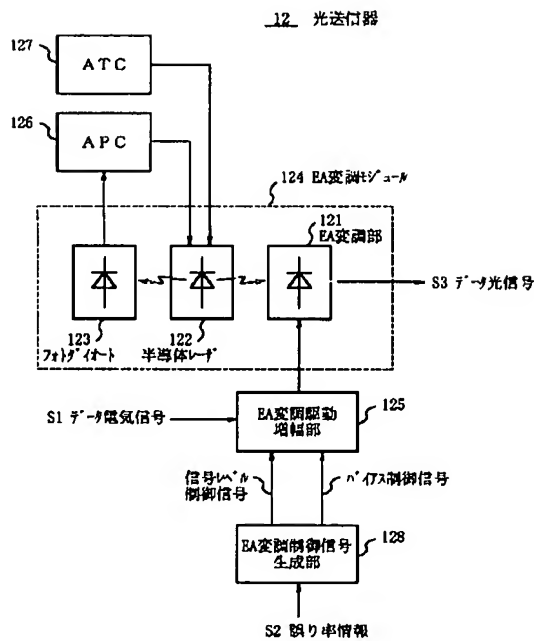
【図1】



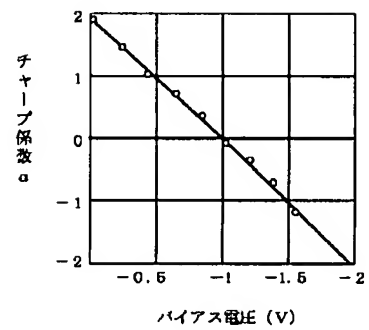
【図3】



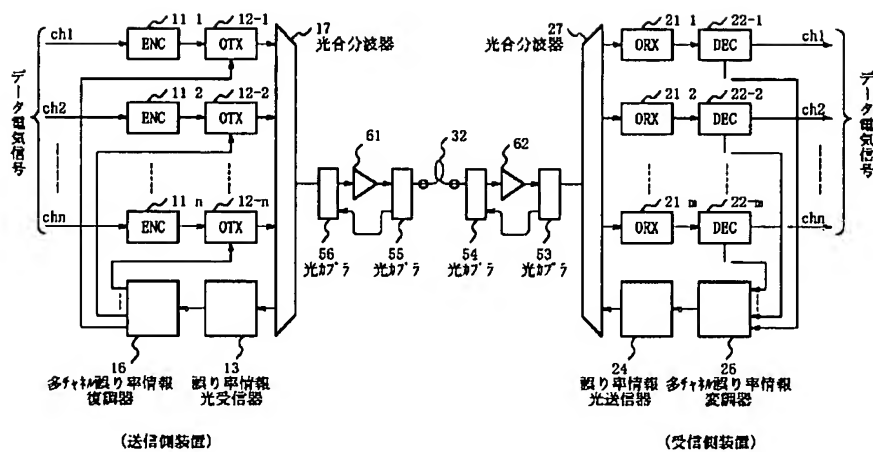
【図2】



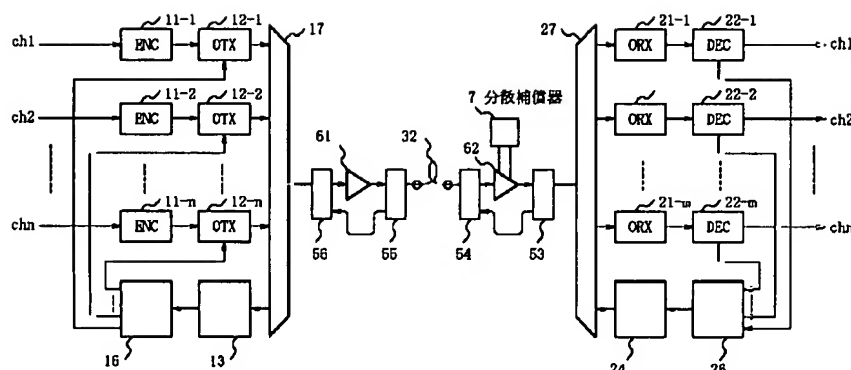
【図7】



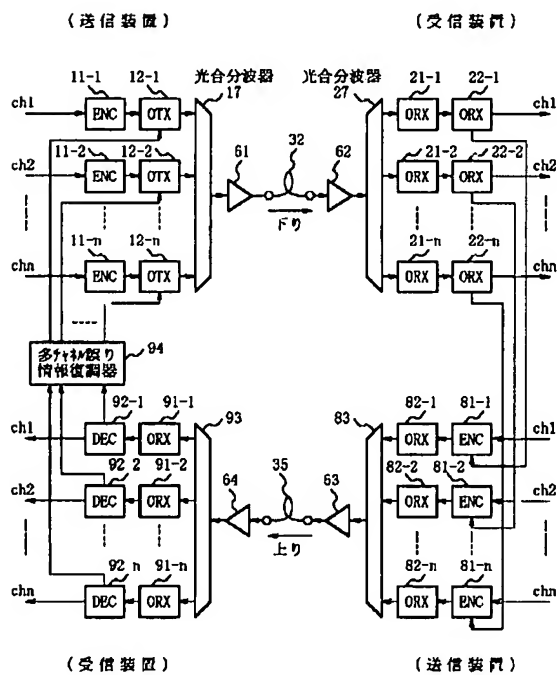
【図4】



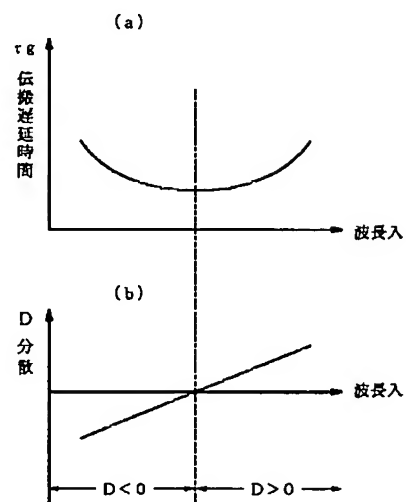
【図5】



【図6】



【図8】



【図9】

